На правах рукописи

Андрейчик Михаил Федорович

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ МЕЖГОРНЫХ КОТЛОВИН РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

Специальность 25.00.36 – геоэкология (науки о Земле)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора географических наук

Томск – 2012

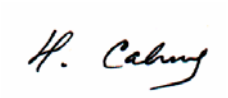
Работа выполнена на кафедре экономической географии и геоинформационных систем Тувинского государственного университета

Научный консультант:	доктор географических наук, доцент **Парфенова Галина Кирилловна**
Официальные оппоненты:	доктор географических наук, профессор **Поздняков Александр Васильевич**; доктор географических наук, профессор **Кочуров Борис Иванович**; доктор географических наук, доцент **Сухова Мария Геннадьевна**
Ведущая организация:	Алтайский государственный университет (г. Барнаул)

Защита диссертации состоится 28 марта 2012 г. в 14.30 часов на заседании диссертационного совета Д 212.267.19 при Томском государственном университете по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, главный корпус ТГУ, ауд. 119.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Томского государственного университета

Автореферат разослан « » февраля 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета  Савина Н.И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Геоэкологии, как междисциплинарному научному направлению, сформированному на стыке экологии и географии в конце XX в., принадлежит ведущая роль в диагностике территорий. В основе диагностики лежит представление о сложном (многопараметрическом) объекте, состояние которого описывается комплексом исходных характеристик. При этом исходные параметры, определяющие уровень и качество оцениваемого объекта, весьма многочисленны и могут образовывать сложные системы, структурированные множеством функциональных и корреляционных взаимосвязей.

Эколого-географическая диагностика представляет собой механизм управления хозяйственной деятельностью, направленной на снижение ущерба, наносимого антропогенными воздействиями той или иной территории. В качестве примеров сложной территории по физико-географическим и геоэкологическим характеристикам рассматриваются природно-хозяйственные системы межгорных котловин Республики Тыва (синоним: Тува).

В природной среде Тывы выявлены следующие негативные проявления: изменения химического состава атмосферы, загрязнение поверхностных и подземных вод, эрозия почв, потеря плодородия земель, состояние здоровья населения. Инверсионные процессы способствуют накоплению в приземном слое атмосферы 19 видов полиароматических углеводородов, превышающих ПДК в 5 раз и более.

На исследуемой территории в почвах отмечено содержание свинца до 30 ПДК, в тесной связи с ним находятся кадмий, цинк, никель. В поверхностных водах содержатся мышьяк, свинец, кобальт, марганец.

Медико-экологический анализ показал прогрессирующий характер общей заболеваемости населения Республики Тыва.

Особенности современной ситуации заключаются в том, что изменения в окружающей среде опережают темпы развития методов контроля и прогнозирования ее состояния. В связи с этим представляется, что эколого-

географическая диагностика весьма необходима для оценивания качества среды и экологического благополучия населения.

Результаты эколого-географической диагностики являются базовыми показателями для принятия управленческих решений, нивелирующих негативные последствия хозяйственной деятельности. Задачи, решаемые в данной работе, являются приоритетными для рационального природопользования и устойчивого развития экономики Республики Тыва.

Методологические разработки эколого-географической диагностики сложных природных образований имеют значение для фундаментальных и прикладных исследований геоэкологии.

Объектом исследования является система «природа – население – хозяйство» Тувы.

Цель и задачи исследования. Основной целью работы является установление количественных и качественных показателей эколого-географической диагностики природно-хозяйственных систем Тувы и выявление на их основе закономерностей трансформации компонентов природной среды.

Для достижения цели были поставлены следующие ***задачи****:*

1) дать сравнительный анализ методик диагностики и разработать методологические положения исследования состояния природно-хозяйственных систем;

2) проанализировать структуру земельного фонда, проблемы сельскохозяйственного производства и промышленности, перспективы развития приоритетных направлений экономики, негативное воздействие природных и антропогенных факторов на заболеваемость и уровень безопасности здоровья населения;

3) изучить особенности синоптических условий загрязнения атмосферы межгорных котловин стационарными и передвижными источниками, потенциальные возможности природного механизма в самоочищении воздуха, провести регрессионный анализ метеорологических факторов и концентраций примесей, моделирование и прогнозирование уровня экологической безопасности атмосферы;

4) выявить условия и закономерности химического загрязнения городских и сельскохозяйственных почв тяжелыми металлами и другими токсичными элементами, определить уровень безопасности деградации почв по содержанию гумуса;

5) выполнить диагностику качества поверхностных и подземных вод, оценить воздействие депонированных объектов хозяйственной деятельности на гидросферу, провести сравнительный анализ технологий депонирования отходов, выявить закономерности, динамику и уровень безопасности загрязнения пресных вод;

6) обосновать методы и приёмы диагностики для обеспечения эффективности природопользования при сохранении устойчивости природных комплексов и дальнейшего роста хозяйственной деятельности;

7) составить карты загрязнения атмосферы, почв, гидросферы, предельно допустимой техногенной нагрузки природно-хозяйственных систем на межгорные котловины.

Методы исследования, исходные данные, достоверность и обоснованность результатов. В основу диссертационной работы положены материалы, собранные автором в результате экспедиционных исследований (отбор образцов почвы, снежного покрова, грунтовых и подземных вод, обследование депонированных объектов, измерение степени неровности дорожного покрытия) и обобщенные результаты стационарных наблюдений (накопление сажи в верхнем горизонте почвы, загрязнение снежного покрова, выпадение пыли при взрывных работах в угледобывающей промышленности), статистические данные Федеральной службы по гидрометеорологии, Тувинской геологоразведочной экспедиции и Государственной станции агрохимической службы «Тувинская»; исследования проводились в течение 1987–2009 гг.

Для оценки степени загрязнения атмосферы использовались три показателя качества воздуха Федеральной службы по гидрометеорологии РФ: стандартный индекс – СИ, индекс загрязнения атмосферы – ИЗА и наибольшая повторяемость превышения ПДК – НП [Состояние загрязнения окружающей среды…, 2003].

Концентрация загрязняющих веществ определялась как непосредственным измерением на стационарных точках, так и методом расчета с использованием методики ОНД-86 [Общесоюзный нормативный документ, 1987]. При определении загрязнения приземного воздуха выбросами автотранспорта использовались формулы из публикаций [Опыт изучения…, 1986; Рузский, 1986 и др.]. Диагностика концентраций загрязняющих веществ в атмосфере проводилась по методике разложения полей загрязнения атмосферы на естественные ортогональные составляющие (функции) для разработки схем статистического прогнозирования полей концентраций загрязняющих веществ.

Химический состав снежного покрова, загрязнения почв, поверхностных и подземных вод проводился по общепринятым методикам аттестованными учреждениями республики – станцией агрохимической службы «Тувинская» и лабораторией Тувинской геологоразведочной экспедиции.

При оценке воздействия полиароматических углеводородов на заболеваемость злокачественными новообразованиями использовалась методика EPA [Gratt, 1990]. В основе определения заболеваемости населения лежит стандартизированный показатель.

Оценка экологической емкости, техноемкости и предельно допустимой техногенной нагрузки межгорных котловин проводилась по методикам, разработанными Т.А. Акимовой и В.В. Хаскиным [2005] и Н.Б. Поповой [2001]. В основу методики изменения климата положены рекомендации Всемирной метеорологической организации, где в качестве исходной характеристики берется тридцатилетний период – 1961–1990 гг. В качестве критерия оценки изменения климатических показателей используется коэффициент линейного тренда, определяемый по методу наименьших квадратов.

Сравнительно-географический метод позволяет составить географическую матрицу первичного материала для выявления динамики анализируемых факторов. Исходные и полученные в ходе расчетов ряды концентраций загрязняющих веществ в атмосфере, почве и гидросфере, аномалий метеорологических факторов, параметров экологической емкости, эффективности вымывания примесей из атмосферы осадками, классов болезней населения и других показателей обработаны с использованием

общепринятых статистических методов. Теснота связей и значимость полученных эмпирических зависимостей оценены по коэффициентам корреляции и критериям существенных различий. Достоверность научных положений и выводов, полученных в работе, подтверждается аналитическими и численными методами исследований, а также выводами, полученными другими авторами.

Методология исследования опирается на современные теоретические концепции устойчивого экоразвития [Акимова и др., 2001, 2005; Попова, 2001] и эколого-хозяйственного балансового подхода [Кочуров, 2009]. Теоретической основой исследований является методология, позволяющая выявить связи, формирующиеся и развивающиеся в общей схеме геодинамической, литологической и климатической цикличности на фоне техногенных процессов.

Научная новизна работы:

1. Впервые на основе геосферного и ресурсного подходов выполнена эколого-географичеческая диагностика и обоснованы научные основы управления экологической безопасностью природно-хозяйственных систем Республики Тыва. В рамках предлагаемой методологии на междисциплинарном уровне разработана интегрированная концепция эколого-хозяйственного балансового подхода к устойчивому развитию региона, учитывающая нормативное соотношение антропогенного воздействия на окружающую среду с ее самовосстановительной и самоочищающей способностью.

2. Определены геоэкологические нормативы предельно допустимой техногенной нагрузки и причины выхода за пределы суммарного удельного экологического потенциала атмосферы, поверхностных вод и фитомассы степной и лесной растительности.

3. Впервые для Тывы получены данные о динамике трансформации основных компонентов природной среды в зависимости от техногенных факторов. Обосновывается развитие иерархии районирования ландшафтов с выделением межгорных котловин в отдельные таксоны – округа.

4. Установлена зависимость медико-экологических и демографических показателей от параметров качества компонентов окружающей среды и

техногенных факторов, обусловленных воздействием разных отраслей хозяйствования.

5. На основе квалиметрического принципа для каждой природно-хозяйственной системы разработаны региональные критерии оценки (нормативы) уровня экологической безопасности (по значимости, управляемости и масштабу угроз), депонирования отходов, ориентированные на развитие экологизированной деятельности в межгорных котловинах.

6. Выполнен анализ развития геоэкологических условий при современных изменениях климата в Республике Тыва.

Основные положения и результаты исследования, выносимые на защиту:

1. Геоэкологические проблемы в Республике Тыва связаны с особенностями динамики природных и техногенных процессов и определяющих их факторов и механизмов (инверсионные и изотермические процессы в атмосфере, взаимодействие барического градиента и сил вращения Земли, ограниченность региональных гео- и гидрохимических барьеров и водоупорных горизонтов, высокий радиационный фон, потепление климата и др.), способствующих трансформации природной среды.

2. Степень трансформации компонентов природной среды усиливается совместным воздействием природных и техногенных факторов и зависит от естественного механизма самоочищения атмосферы, потенциала экологической устойчивости котловин и интенсивности хозяйственной деятельности.

3. Структура и динамика медико-экологического и демографического состояния являются основой диагностики и нормирования природно-хозяйственных систем.

4. Трансформация природно-хозяйственных систем характеризуется устойчивой структурой диагностических показателей, на основе которых необходимо нормировать воздействие с учетом соизмерения природных и производственных потенциалов межгорных котловин.

Теоретическая значимость работы. Для горных условий Республики Тыва обосновано влияние синоптического положения (фронтов, окклюзий, гребней, размытого поля и др.) на повторяемость образования облачности различной высоты и туманов, способствующих загрязнению атмосферы.

Математически обоснованное расширение интервала градации «штиля» в скорости ветра повышает достоверность корреляционных связей.

Развитие методики оценки изменения климата позволило ввести в характеристики климатической системы новый параметр – показатель изменения климата.

Разработанная интегрированная концепция эколого-хозяйственного балансового подхода к устойчивому развитию региона отличается введением новых позиций по устойчивому экоразвитию региона, таких как стратегия использования природных ресурсов, экологическое образование, управление экологической безопасностью. Концепция отвечает современным взглядам на проблему «общество – природа».

Практическая значимость работы. Предложенная концепция и методологические подходы диагностики межгорных котловин как природно-хозяйственных территорий с многопрофильной хозяйственной деятельностью использованы при организации геоэкологического мониторинга и управления рациональным природопользованием региона.

Выявленная взаимосвязь геоэкологических и демографических процессов позволяет сформулировать экономические и юридические задачи для развития экономики горных регионов и восстановления благоприятной экологической ситуации.

Материалы диссертации использованы при разработке республиканских и региональных программ по экологии Тывы: «Экология–2005» и «Программа экологического образования Республики Тыва на 1998–2000 гг.». Имеются два акта внедрения (Акт внедрения № 32 от 17.XI.2004 г.) и «Экология-2005» (Акт внедрения № 33 от 17.XI.2004 г.).

Выявленные закономерности загрязнения атмосферы использованы при оценке воздействия на окружающую среду Тоджинской котловины проектируемых горно-обогатительных комбинатов Тывы (Кызыл-Таштыгского и Ак-Сугского), где автор являлся исполнителем раздела «Атмосфера».

Рекомендации используются проектировщиками при составлении комплексных территориальных схем развития производительных сил в регионе и проектировании примагистральных застроек.

Опубликованные монография, учебные пособия и методические разработки используются в курсах лекций по землеведению, географии, агрометеорологии, экологии, в школах при проведении научной работы.

Личный вклад автора. Исследования по диссертационной работе выполнены на кафедре экономической географии и геоинформационных систем при финансовой поддержке Тувинского государственного университета в рамках госбюджетной тематики НИР «Рациональное природопользование Республики Тыва». Автору принадлежат постановка цели, задач, разработка методологии и программы исследований и ее реализация. Наиболее существенные результаты, полученные лично автором:

– разработана интегрированная концепция эколого-хозяйственного балансового подхода к устойчивому развитию региона, учитывающая нормативное соотношение антропогенного воздействия на окружающую среду с ее самовосстановительной и самоочищающей способностью;

– получены величины метеорологического потенциала атмосферы котловин для оценки условий жизни населения, эффективности проведения экологической экспертизы проектов и размещения производительных сил на территории республики;

– определены региональные геоэкологические показатели предельно допустимой техногенной нагрузки и причины выхода за пределы суммарного удельного экологического потенциала атмосферы, поверхностных вод и фитомассы степной и лесной растительности;

– при определении метеорологического потенциала атмосферы обоснованное расширение интервала градации «штиля» до скорости ветра 4 м/с обеспечивает получение достоверных уравнений корреляционных связей между температурой воздуха и концентрациями примесей в атмосфере;

– установлена зависимость медико-экологических и демографических показателей от параметров качества компонентов окружающей среды и техногенных факторов, обусловленных воздействием разных отраслей хозяйствования;

– определено, что вероятность заболевания раком линейно связана с дозой канцерогенных веществ, поступивших в организм человека;

допустимым риском считается значение $1 \cdot 10^{-3}$, или одно заболевание раком на протяжении жизни (70 лет) на 1000 человек;

– действующие технологии в республике не отвечают требованиям современных разработок по геотехнике и к конструированию объектов депонирования отходов в развитых странах; новые рекомендации существенно снижают проникновение токсичных веществ в окружающий ландшафт – атмосферу, почву, грунтовые воды;

– введен новый параметр климатической системы – показатель изменения климата;

– проведен анализ развития геоэкологических условий и предложены рекомендации сельскому хозяйству с целью получения гарантированных урожаев при современных изменениях климата;

– выполнено комплексное геоэкологическое районирование котловин.

Апробация результатов исследования. Всего опубликовано 146 работ, по теме диссертации – 58, в т.ч. в журналах, рекомендованных ВАК, – 11, монографий – 1, учебно-методических пособий – 10. Результаты исследований докладывались на 34 международных, всероссийских и региональных научных конференциях, совещаниях и семинарах.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, основного текста диссертации, изложенного в 6 главах на 275 страницах, заключения, списка литературы и 9 приложений. Основной текст иллюстрирован 53 таблицами и 57 рисунками.

Автор выражает глубокую благодарность и признательность за советы и рекомендации научному консультанту д-ру геогр. наук, доценту Г.К. Парфеновой, д-ру геогр. наук В.В. Севастьянову, профессорам А.В. Позднякову, Н.С. Евсеевой, В.А. Земцову, П.А. Окишеву, Г.О. Задде, С.О. Ондар, С.С. Курбатской, В.И. Лебедеву, Н.Г. Дубровскому. Представленная работа была бы невозможна без поддержки руководства Тувинского государственного университета, кафедры экономической географии и геоинформационных систем, физической географии и геоэкологии, а также без творческого сотрудничества с Государственной станцией агрохимической службы «Тувинская», Тувинским центром ГМС, Тувинским институтом комплексного освоения природных ресурсов СО РАН и Тувинской геологоразведочной экспедицией. Всем специалистам и коллегам автор выражает глубокую благодарность.

ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Геоэкологические проблемы в Республике Тыва связаны с особенностями динамики природных и техногенных процессов и определяющих их факторов и механизмов (инверсионные и изотермические процессы в атмосфере, взаимодействие барического градиента и сил вращения Земли, ограниченность региональных гео- и гидрохимических барьеров и водоупорных горизонтов, высокий радиационный фон, потепление климата и др.), способствующих трансформации природной среды.

Востребованность методологии научного анализа в эколого-географической диагностике межгорных котловин объясняется требованиями приоритетности здоровой среды человека и масштабами хозяйственной деятельности в рамках экологического императива. Степень выявления изменений в природной среде определяется качественными и количественными критериями, изложенными в развитии методологических положений эколого-географической диагностики. Методологической основой исследований является системный подход, ориентирующий на раскрытие целостности объекта, выявление многообразных типов связей в нем и сведения их в единую теоретическую картину.

Разработанная интегрированная концепция экологического развития для Республики Тыва концентрирует в себе наиболее эффективные подходы в достижении поставленных целей во взаимоотношениях человека и природы. Она включает актуальные позиции концепций XX и XXI вв. [Вернадский, 2001; Моисеев, 1995; Акимова и др., 2001; Акимова, Хаскин, 2008; Кочуров. 2001, 2009; Егоренко, Кочуров, 2005; Марфенин, 2006 и др.]. Концепция нашла отражение при определении предельно допустимой техногенной нагрузки на межгорные котловины как наиболее интенсивно используемые в хозяйственном отношении физико-географические таксоны [Акимова и др., 2001]. Методические подходы концепции [Кочуров. 2001, 2009] были использованы автором при определении эколого-хозяйственного баланса территории Тывы.

Диагностика земель позволяет оценить антропогенную преобразованность территории в сопоставимых показателях. Ими являются коэффициенты абсолютной (K_a) и относительной (K_o) напряженности

эколого-хозяйственного состояния территории. Снижение напряженности ситуации уменьшает значение коэффициентов, а при K_o, равном или близком к 1,0, напряженность эколого-хозяйственного состояния территории оказывается сбалансированной по степени антропогенной нагрузки и потенциалу устойчивости природы. Автором по методике Кочурова Б.И. рассчитана антропогенная нагрузка и выполнена классификация земель исследуемого региона. (Таблица 1).

Таблица 1 – Классификация земель по степени антропогенной нагрузки Республики Тыва

Степень антропогенной нагрузки	Балл	Виды и категории земель	Доля площади, %
Высшая	6	Земли промышленности, транспорта, городов, поселков, инфраструктуры; нарушенные земли	2,0
Очень высокая	5	Орошаемые земли	0,2
Высокая	4	Пахотные земли; пастбища и сенокосы, используемые нерационально	4,2
Средняя	3	Многолетние насаждения; рекреационные земли	17,6
Низкая	2	Пастбища; леса, используемые ограниченно	25,7
Очень низкая	1	Природоохранные и неиспользуемые земли	50,3

Вычисленные коэффициенты K_a и K_o для котловин превышают норму сбалансированности антропогенной нагрузки и потенциала устойчивости природы республики в 1,2–1,4 раза.

Устойчивость ландшафтов количественно выражается наличием естественных биогеоценозов, урочищ, природоохранных зон и особо охраняемых территорий, совокупная площадь которых составляет *экологический фонд* территории. Чем он больше, тем выше естественная защищенность территории.

Суммируя площади земель с условной оценкой степени антропогенной нагрузки в 2, 3, 4 балла, получаем площадь земель со *средо- и ресурсостабилизирующими функциями*. Если соотнести площадь земель с *ресурсостабилизирующими функциями* с общей площадью исследуемой территории, то получим коэффициент естественной защищенности территории, равный 0,8. В пределах котловин республики он изменяется от 0,65 до 0,73. Это подтверждает запас природного потенциала региона, поскольку критическим уровнем считается значение коэффициента естественной защищенности менее 0,5. В отличие от таких показателей, как лесистость и распаханность, коэффициент естественной защищенности территории имеет интегральный характер и может быть использован для комплексной оценки территории.

В сельскохозяйственном производстве Республики Тыва необходимо снизить удельный вес пашни в площади сельскохозяйственных угодий до 30 тыс. га (соответствующий в основном орошаемым землям) и организовать улучшенные (культурные) сенокосы и пастбища.

Интенсивное потепление климата в республике повышает степень риска возделывания сельскохозяйственных культур. Если в масштабе планеты за XX в. температура воздуха повысилась на 0,7° С, то в Туве только за 1976–2006 гг. в различных земледельческих зонах – от 0,8 до 1,2. Между гидротермическим коэффициентом и урожайностью пшеницы существует тесная связь – коэффициент корреляции равен 0,972 (Рисунок 1).

Природные условия и экологическая обстановка в ряде районов республики Тыва благоприятствуют формированию специализации по производству экологически чистого продовольствия, что будет способствовать продвижению продукции на рынке сбыта в масштабах РФ. Кроме того, регион располагает большими потенциальными ресурсами для сбора и переработки ягод, лекарственных трав, кедрового ореха, что требует тщательного контроля состояния соответствующих угодий.

Однако сдерживающим фактором развития земледелия в республике является дефляция почв, обусловленная комплексом метеорологических факторов: сильный ветер (более 12 м/с), иссушенность и распыленность верхнего слоя почвы, отсутствие растительного покрова, наличие обширных открытых пространств. Интенсивность дефляции иссушенных

светлокаштановых почв свежевспаханной пашни (механический состав легкосуглинистый, приближающийся к супесчаным) представлен на рисунке 2.

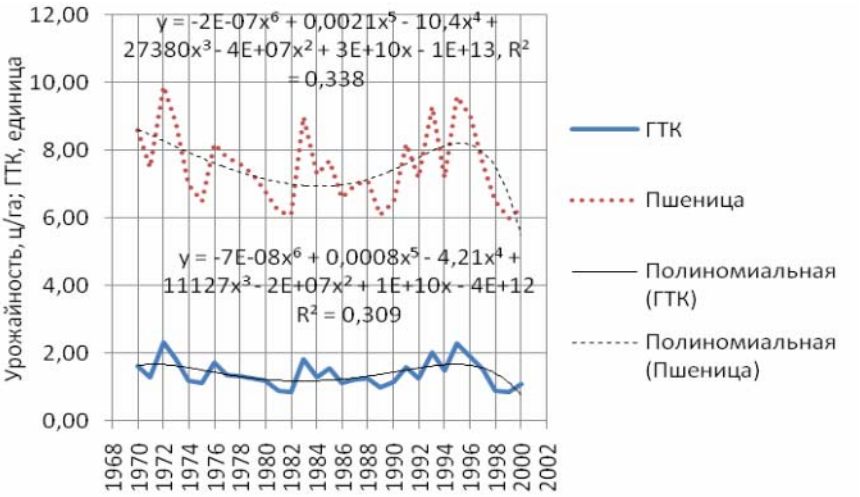


Рисунок 1 – Динамика гидротермического коэффициента (ГТК) и урожайности пшеницы в степной зоне Улуг-Хемской котловины

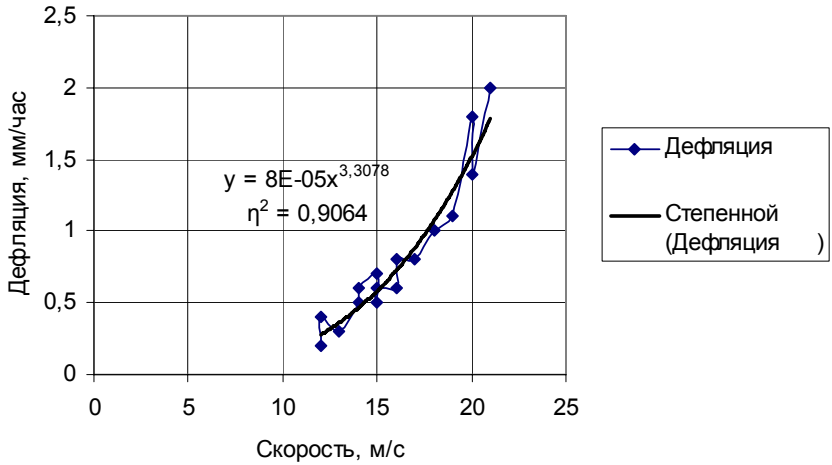


Рисунок 2 – Интенсивность дефляции песчаных почв в зависимости от скорости сильных ветров

За последние 25 лет площадь, подверженная дефляции, увеличилась почти в три раза. Пыльные бури способствуют уменьшению содержания гумуса в почве. На исследуемом участке его величина с 1986 по 2009 г. уменьшилась почти в два раза – с 2,6 до 1,4%.

Важнейшими направлениями в развитии экономики Республики Тыва являются глубокая переработка минерального сырья, развитие сельского и лесного хозяйства, промыслов, туризма и рекреации.

Разработанная концепция способствует эффективности развития важнейших направлений экономики республики – освоению минерального сырья, интенсификации сельского и лесного хозяйства, промыслов, туризма и рекреации.

Представленная интегрированная концепция устойчивого экоразвития региона отличается от других введением новых позиций: экологического образования, стратегии использования природных ресурсов, развития туризма, потепления климата, управления экологической безопасностью. Концепция достаточно адекватно отвечает современным требованиям к проблеме «общество – природа». Ее реализация при профессиональном и компетентном руководстве обеспечит желаемый результат.

2. Степень трансформации компонентов природной среды усиливается совместным воздействием природных и техногенных факторов и зависит от естественного механизма самоочищения атмосферы, потенциала экологической устойчивости котловин и интенсивности хозяйственной деятельности.

Диагностика состояния атмосферы выявила, что климатические особенности территории (термический режим, атмосферная циркуляция, ветровой и режим увлажнения, современное изменение климата) способствуют формированию определенного химического состава атмосферы.

Концентрация загрязняющих веществ определялась автором как непосредственным измерением на стационарных точках, так и методом расчета с использованием формул методики ОНД – 86 [Методика расчета…, 1987]. Различия измеренных и рассчитанных концентраций примесей колебались в интервале 8–15%.

Синоптические условия загрязнения атмосферы. Роль температуры воздуха в загрязнении атмосферы. Автором выявлено, что с повышением температуры воздуха высота подъема горячих выбросов из дымовых труб уменьшается, а концентрация примесей в приземном слое атмосферы увеличивается, что согласуется с данными Сонькина Л.Р. [1991]. Такая закономерность объясняется тем, что максимальные концентрации обратно пропорциональны градиенту температуры выбрасываемых газов и воздуха на уровне высоты трубы.

Инверсии и изотермии. В зимний период состояние атмосферы устойчивое: вертикальный градиент температуры менее 1°С/100 м. Наибольшие повторяемости застоев воздуха, приподнятых инверсий, и ветров со скоростью 0–1 м/с наблюдались в Улуг-Хемской котловине – 73%, что на 4–68% больше, чем в смежных регионах.

Влияние облачности на загрязнение атмосферы разнообразно: облачность, поглощая загрязняющие вещества, способствует очищению атмосферы, ослабляет турбулентный обмен, способствуя накоплению примесей в атмосфере.

Связь между туманами и загрязнением воздуха носит сложный характер. При туманах увеличивается концентрация примесей, образуются кислоты, уменьшается турбулентность воздуха.

Роль осадков в очищении атмосферы. Эффективность вымывания загрязняющих веществ зависит от характера выпадения осадков, их интенсивности, продолжительности, фазового состояния, размеров капелек и спектра аэрозолей в атмосфере. С увеличением продолжительности осадков их вымывающая способность уменьшается по степенному закону (рисунок 3).

Корреляционная связь между метеорологическими факторами и концентрацией примесей в атмосфере. Связи между концентрациями загрязняющих веществ в атмосфере и метеорологическими факторами являются сложными, зачастую слабыми и противоречивыми от сезона к сезону года. Наиболее тесная связь наблюдается при снижении степени элиминирования (исключения) сопутствующих факторов, а также между метеорологическим потенциалом атмосферы и примесями.

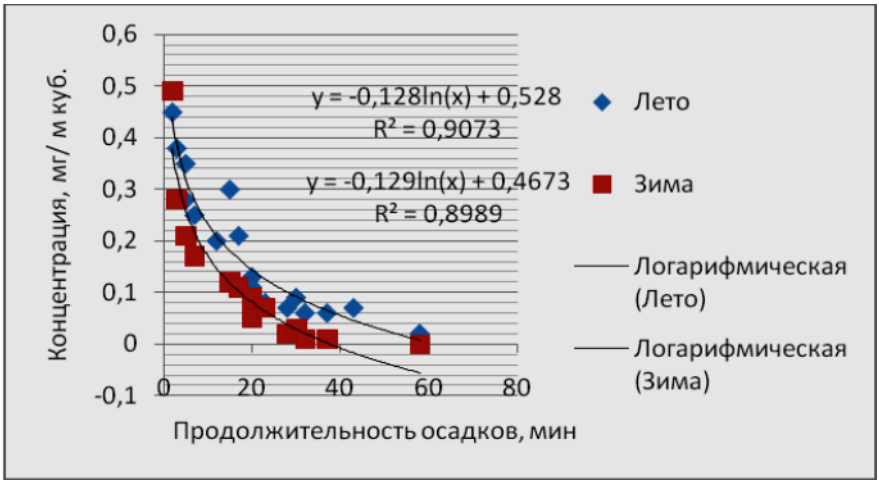


Рисунок 3 – Эффективность вымывания пыли атмосферными осадками

Эффективность сжигания каменного угля в энергетических установках республики. В Тыве в качестве основного энергетического сырья используется каменный уголь. Химический состав золы: SiO_2 – 38-49, AlO_3 – 14–16, Fe_2O_3 – 9–15, CaO – 15–23, MgO – 3–5, TiO_2 – 0,5–1,0, K_2O – 1,7, Na_2O – 0,5–0,8, P_2O_5 – 0,6%. В пробах грубодисперсной золы наблюдается концентрирование всех элементов в 1,5–5 раз, что приближает их величины к значениям кларка. Еще более значительное концентрирование элементов имеет место в летучей золе – от 2 раз (хром) до 10 раз (мышьяк) [Отчет о проведении…, 1995].

Полноту сгорания определяет коэффициент избытка воздуха (α): если α = 1, то смесь стехиометрического (теоретического) состава, α >1,0 – смесь бедная, α < 1,0 – смесь богатая [Pollutant dispersion…, 2009].

в топках домов частного сектора Тувы кпд сжигания угля составляет 25%, в котлоагрегатах ТЭЦ – 40%. В топках домов летучих органических соединений в 5 раз больше, чем в ТЭЦ; ароматических углеводородов – в 20 раз, в т.ч. бензофурана и дибензофурана, проявляющих свойства диоксинов; бенз(α)пирена – в 10 раз, бенз(α)антрацена, фенолов и хлорпроизоводных углеводородов – в 50 раз [Андрейчик, 2005] .

Диагностика загрязнения атмосферы. Для оценки загрязнения атмосферы автором апробированы статистические модели и модели прогноза с использованием параметра *P*. Он определялся отношением количества наблюдений в течение дня с концентрацией, превышающей среднесезонную величину $q_{ср}$ более чем в 1,5 раза, к общему количеству наблюдений за концентрацией примесей в городе в течение одного дня на всех стационарных пунктах.

Модели прогноза являются логическим продолжением предыдущей группы. В статистических моделях конечной целью является получение параметра *P*. В моделях же прогноза указанный параметр служит надежным критерием оценки уровня загрязнения атмосферы с использованием известного метода распознавания образов. Сущность данного метода состоит в определении степени близости конкретной ситуации (набора предикторов) к характерным состояниям загрязнения воздуха. Все значения параметра *P* располагаются в порядке убывания и разбиваются на три группы (классы) уровней загрязнения: высокий – $P > 0,35$, повышенный (средний) – $0,35 \geq P > 0,2$ и пониженный – $P \leq 0,2$. Автором определен уровень загрязнения атмосферы котловин Тувы за 1992–2008 гг. с использованием параметра *P* (Рисунок 4).

С целью выявления связей между постами наблюдений г. Кызыла автором выполнено *разложение полей загрязнения атмосферы на естественные ортогональные составляющие (ЕОС)*. Сущность данного метода заключается в нахождении линейных комбинаций $y_1,\ldots y_m$ переменных концентраций примесей $Q_1,\ldots Q_p$ ($m \leq p$) и получении структуры зависимости между $Q_1,\ldots Q_p$.

Применение метода ЕОС существенно сокращает размерность описываемых полей и дает перспективу для разработки схем статистического прогнозирования полей концентраций загрязняющих веществ [Груза, 1982; Львовский, 1988; Леонов, 1990].

На основании комплексных оценок автор рекомендует расширить список загрязняющих веществ атмосферы, контролируемых ГМС Тувы, и включить в число приоритетных 12 примесей: сажа, пыль, хром, никель,

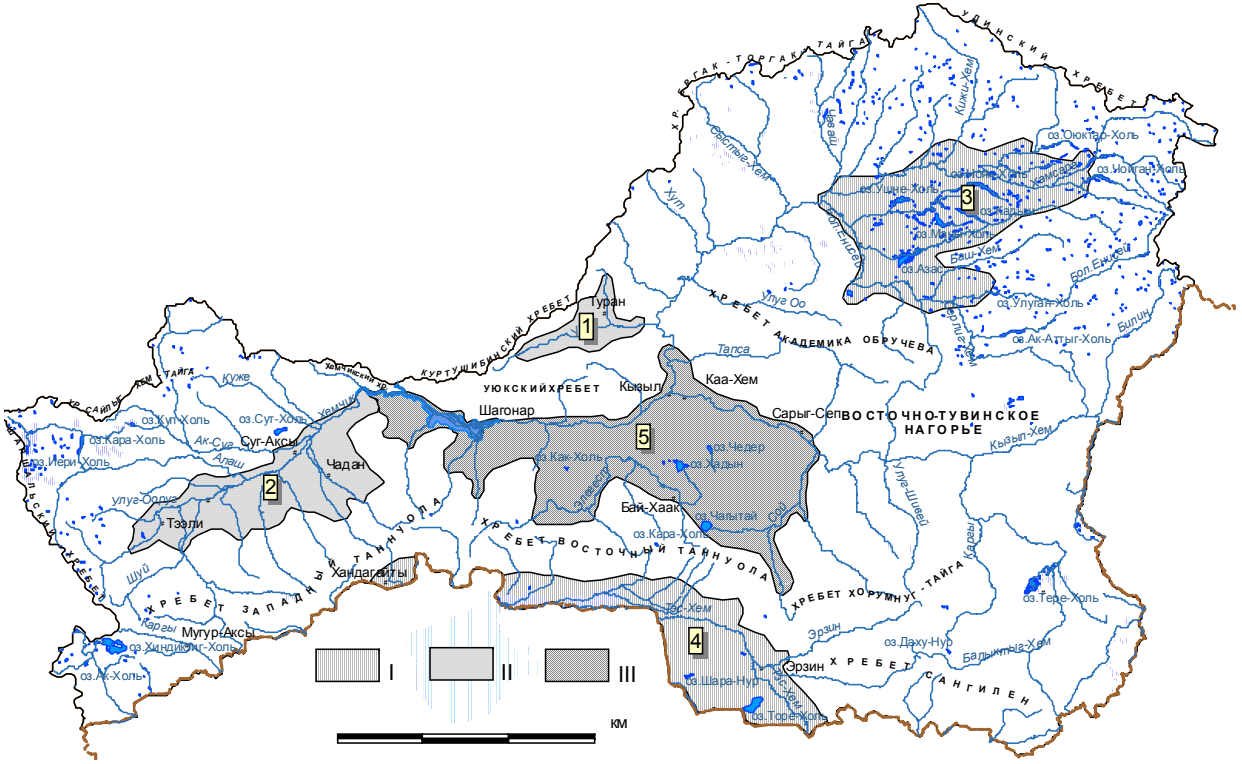


Рисунок 4 – Уровень загрязнения атмосферы котловин по параметру *P*. Котловины: 1 – Турано-Уюкская; 2 – Хемчикская; 3 – Тоджинская; 4 – Убсу-Нурская; 5 – Улуг-Хемская. Уровень загрязнения: I – пониженный ($P \leq 0{,}2$), II – средний ($0{,}35 \geq P \leq 0{,}2$), III – высокий ($P > 0{,}35$)

мышьяк, дибенз[a, h]антрацен, бенз[α]пирен, бенз[α]антрацен, бензол, формальдегид, ацетальдегид, фенол.

Загрязнение городских почв. Площадь воздействия города на почвы, как правило, превышает его территорию в 20–50 раз [Вендяпин, 1994], г. Кызыла, расположенного в Улуг-Хемской котловине, – в 14 раз.

Снеговой покров является концентратором загрязняющих веществ. Солевой состав снега исследуемого района выражается общей формулой

$$M(0{,}10–0{,}37)\frac{HCO_3(40–95)SO_4(10-50)Cl10CO_310}{Ca(50–80)Mg(20–50)}, \quad (1)$$

где M – минерализация, г/дм^3; цифры после химических символов характеризуют содержание анионов (в числителе) и катионов (в знаменателе) в %-экв. Название воды: гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридно-карбонатно-кальциево-магниевая. При содержании ионов менее 10 %-экв их название опускается.

Наличие в атмосфере хлоридов и сульфатов способствуют закислению атмосферных осадков при критическом значении pH ниже 4,0. Макро- и микрокомпоненты жидкой и твердой фаз снегового покрова представляют собой большую часть состава газопылевых выбросов в атмосферный воздух с последующим их выпадением на почвогрунты. По результатам снеговых съемок выявлено, что в среднем на город в отопительный сезон выпадает 416 кг на 1 кв. км в сутки сажи и пыли (21 кг на 1 человека за сезон), что с точностью ± 10–15% согласуется с расчетными данными.

На высокогорных участках выявлены аномальные концентрации серебра (2-259 фонов), цинка (2-33 фона) и в меньшей мере сульфат-иона (3-4 фона). При этом большинство аномальных проб приходится на относительно высокогорные участки, покрытые лесом, или открытые перевалы между котловинами [Забелин, Заика, Кудрявцев, 1994]. Следует предположить, что выпадения являются отходами производства полиметаллов в г. Усть-Каменогорске.

Засоление почвогрунтов Общую закономерность засоления почвогрунтов вокруг городов республики характеризуют окрестности г. Кызыла. Развитию процесса засоления почв послужили три фактора: природное засоление, наличие суглинистой фракции на поверхности

грунтов, способной накапливать и удерживать растворимые в воде соли, и наложение техногенных воздействий. На территории, не затронутой техногенной деятельностью, поверхность почвогрунтов имеет содовый состав растворимых солей; по количеству солей грунты не засоленные. В зоне антропогенного воздействия обнаружено ряд засоленных участков, разнообразных по ионному составу и степени засоления, – от слабозасоленных до солончаков. Автором выявлена следующая закономерность: с глубиной количество солей увеличивается практически повсеместно. Отмечено среднее засоление грунтов содово-сульфатно-хлоридного типа техногенного характера на глубине 1,8–2 м (в отдельных шурфах на глубине 0,8–2 м) и засоление хлоридно-содового и хлоридно-сульфатного типа с содержанием нитратов до 45000 мг/кг в районе суглинистых и глинистых карьеров правобережной части города.

Сильнозасоленные грунты обнаружены в центральной части города на глубине 0,3 м сульфатного и хлоридно-сульфатного типа с содержанием нитратов до 280 мг/кг и в пос. Спутник – в галечниках с песчаным заполнителем – на глубине 1–1,7 м сульфатного типа техногенного происхождения.

Загрязнение городских почв. Наибольшая концентрация токсичных металлов в почвогрунтах приурочена к техногенным объектам. Закономерность распределения сажи на различных глубинах почвы в пространстве, выявленная автором, выражается полиномами третьей степени (Рисунок 5). Сажа вместе с пылью и золой привносит в почву определенный набор химических элементов, формируя новый техногенно-природный химический состав почв, который влияет на качество подземных вод.

Состояние зоны аэрации почвогрунтов. Растворимость твердых загрязненных веществ значительно ниже солей, что обусловливает накопление сажи и тяжелых металлов на поверхности почвогрунтов. Этому способствует малое количество атмосферных осадков (180–220 мм/год). С глубиной концентрация токсичных элементов варьирует в широких пределах в зависимости от количества глинистой фракции в грунтах.

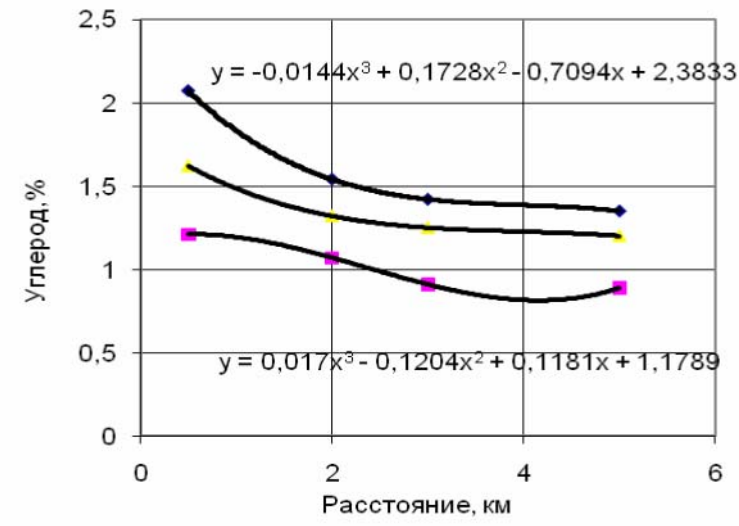


Рисунок 5 – Пространственное распределение послойного содержания общего углерода в почве на различном удалении от центра г. Кызыла
Верхняя кривая – слой почвы 0–2 см, средняя – 2–5 см, нижняя – 5–10 см

Содержание валовых форм тяжелых металлов и микроэлементов в почвах сельскохозяйственных угодий. Исследования проводились совместно с Государственной станцией агрохимической службы «Тувинская», имеются совместные публикации [Андрейчик, Аюшинов, Соловьева, 2010, 2011]. При обследовании определялись следующие формы тяжелых металлов (ТМ): микроэлементы – марганец, кобальт, медь и тяжелые металлы – цинк, кадмий, свинец, никель (рисунок 6). Автором выявлено, что вблизи крупных энергетических установок 69% ТМ поступало из атмосферы и 31% – от внесения удобрений. С увеличением степени окультуренности почв снижается подвижность ТМ и их поступление в растения.

Загрязнение почв свинцом приурочено к участкам, расположенным вдоль автомобильных дорог. На 01.01.2009 г. превышение ПДК валовых форм в почвах республики составило: кадмия – 2,0, никеля – 2,4, цинка – 2,7, свинца – 225,0 тыс. га.

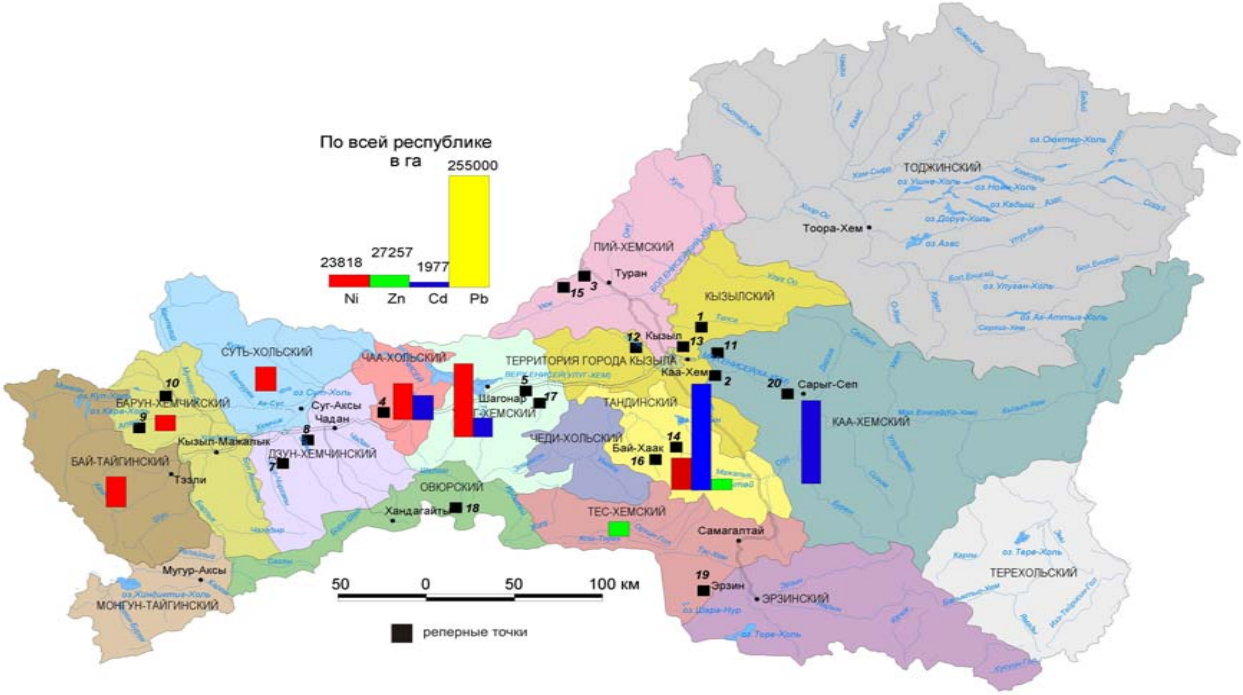


Рисунок 6 – Карта-схема распределения площадей сельскохозяйственных угодий (в га) с превышением ПДК валовых форм тяжелых металлов (Ni, Zn,Cd, Pb). [Андрейчик, Соловьева, Аюшинова, 2011]

Загрязнение поверхностных вод. Вода большинства рек характеризуется как «очень загрязненная» и «грязная», относится к 3-му классу – разряд «б» и 4-му классу – разряд «а». Величина удельного комплексного индекса загрязненности большинства поверхностных вод колеблется в диапазоне 3,20–5,13, что указывает на неблагополучие экологии рек. Картографирование качества поверхностных вод смотри на рисунке 7.

Загрязнение подземных вод. Воздействие депонированных объектов на качество вод. На территории республики выявлено 153 объекта депонирования бытовых и промышленных отходов различной степени опасности (рисунок 8). Значения относительного показателя удаленности объектов от уреза воды (в %) следующие: 0,0 м – 9,2; 100 м – 6,6; 200 м – 4,0; 300 м – 3,3; 400 м – 2,0; 500 м – 10,5 и более 500 м – 64,4%. Санкционированные свалки составляют 72% от общего количества объектов, не санкционированные – 28%. По нашим данным, замедление процесса накопления химических элементов в подземных водах с удалением от могильника отмечается уже на расстоянии 3 км, что иллюстрирует динамика нитратов (Рисунок 8).

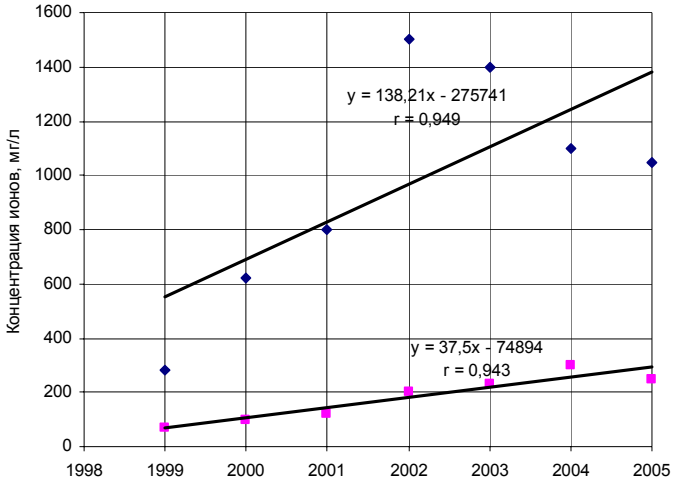


Рисунок 8 – Динамика концентрации нитратов по ионам NO_3 в подземных водах на различном удалении от могильника отходов за 1999–2005 гг. Верхний тренд – могильник, нижний – удаленность 3 км

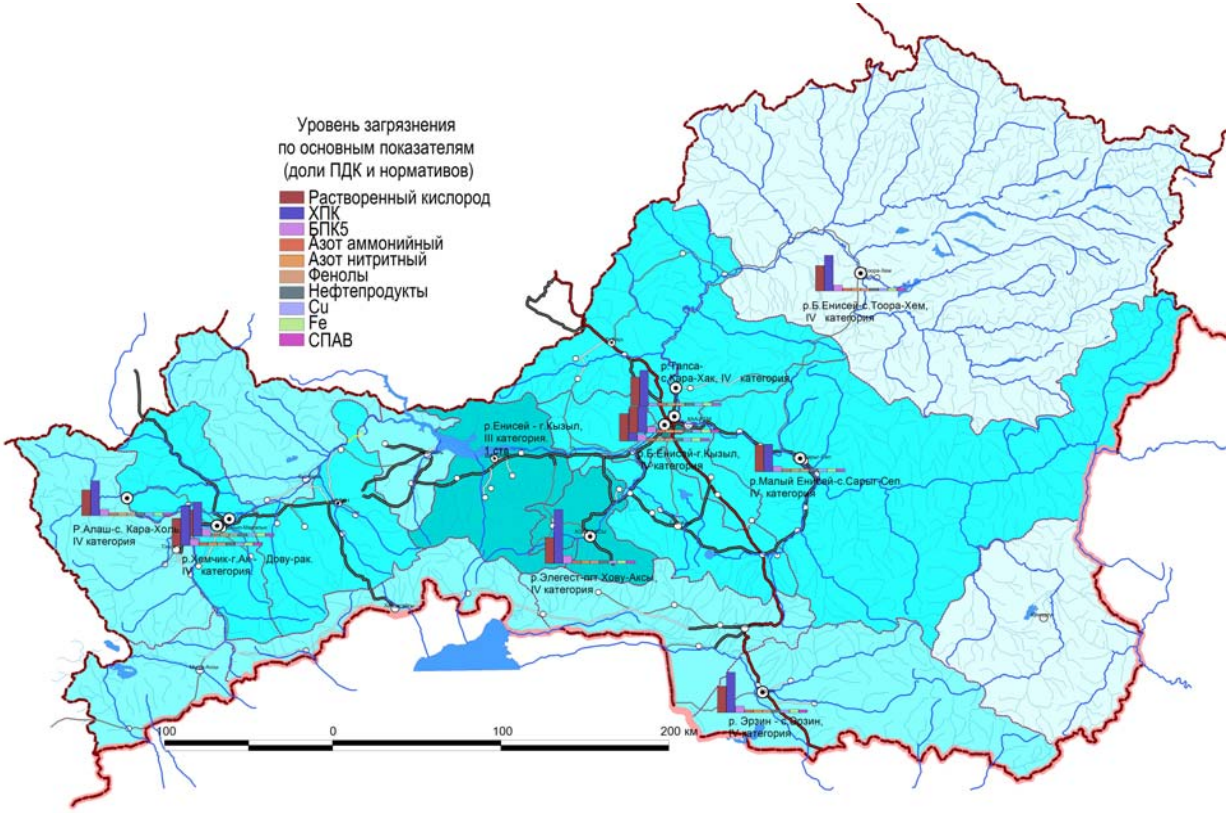


Рисунок 7 – Загрязнение поверхностных вод. Рисунок выполнен автором по многолетним данным ГМС Республики Тыва

Общая закономерность динамики нитратов отображается полиномами 5-й степени. Достоверность уравнений подтверждают высокие значения R^2. Для уравнения регрессии нижней кривой практически можно принять функциональную связь, так как коэффициент детерминации приближается к единице.

Концентрация мышьяка выше ПДК зафиксировано в 2002 г, после которого последовало плавное снижение по экспоненциальной кривой (рисунок 9).

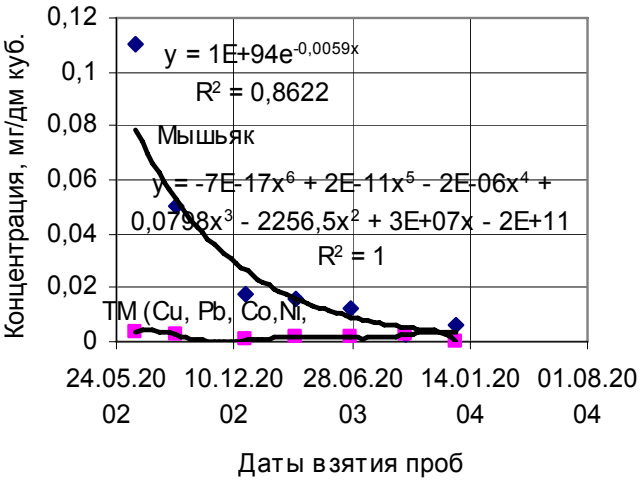


Рисунок 9 – Динамика микроэлементов в подземных водах на расстоянии 3 км от комбината, 2002–2004 гг. *Примечание.* Верхняя кривая (экспоненциальная функция) – мышьяк, нижняя (приближается к линейной) – микроэлементы тяжелых металлов (медь, свинец, кадмий, никель, кобальт)

Нижняя кривая показывает, что все перечисленные на ней элементы тяжелых металлов отображаются одним криволинейным трендом 6-ой степени, характеризуя их практически однородное содержание в подземных водах.

В полигоне максимальная концентрация нитратов достигла в 2000 г. (33 ПДК). Концентрация фенола выше ПДК наблюдалась непосредственно

в полигоне и на расстоянии 3 км, в 6 км увеличение концентрации на 20% выше ПДК произошло в 2005 г.

При оценке потепления климата в климатическую систему автором введен новый параметр – *показатель изменения климата (ПИК),* вычисляемый отношением сумм аномалий, сглаженных по 11-летним циклам, холодного к теплому периоду:

$$ПИК = \frac{\sum t_x}{\sum t_t}, \qquad (3)$$

где $\sum t_x, \sum t_t$ – суммы аномалий температуры воздуха холодного и теплого периодов.

На рисунке 10 хорошо прослеживается согласованность полиномиального (средняя кривая) с линейным трендом показателя изменения климата, подтверждающего процесс потепления. Достоинством данного параметра является его стабильная направленность.

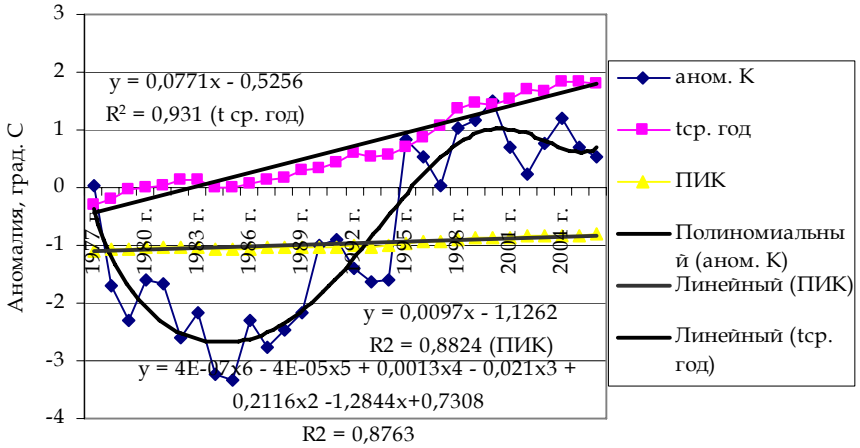


Рисунок 10 – Динамика аномалий среднегодовой температуры воздуха (t ср. год), индекса континентальности (аном. К) и показателя изменения климата (ПИК), сглаженных по 11-летним циклам. Метеостанция Эрзин 1977–2006 гг.

Уровень безопасности изменения климата ($K_{БИК}$). Критичным для планеты считается изменение общемировой температуры на 2°С. Однако для Республики Тыва критичной ситуацией следует считать повышение температуры на 4°С, которая может значительно ухудшить условия традиционного земледелия и скотоводства. $K_{БИК}$ определяется по формуле Бертокса и соавт. [Bertoks, Rad, 1980] с использованием настоящей (текущей), среднеустойчивой и предельной температуры воздуха республики (выше среднеустойчивой на 4°С).

Полученные расчеты показывают, что уровень безопасности по изменению климата соответствует среднему, однако наметилась тенденция к критической ситуации ($K_{БИК}$ = 0,44).

3. Структура и динамика медико-экологического и демографического состояния является базовой основой диагностики и нормирования природно-хозяйственных систем.

Совместно с Министерством здравоохранения Республики Тыва автором выполнено картографирование заболеваемости населения злокачественными новообразованиями [Андрейчик, Шожут, 2010]. Картографирование заболеваемости злокачественными новообразованиями (ЗНО) представлено в разрезе административно-территориального деления (Рисунок 11).

Однако в западных районах первенство многих заболеваний переходит из ранга республики в Бай-тайгинский и Барун-Хемчикский районы. Динамика заболеваний врожденных аномалий у взрослого населения иллюстрируется на примере Барун-Хемчикского района (Рисунок 12).

Тува по смертности населения от злокачественных новообразований имеет тревожную статистику. Если за 2002–2006 гг. по числу заболеваемости злокачественными новообразованиями она уступает показателям по РФ, то по смертности занимает первое место – на 27% больше, а за 2005–2006 гг. – на 38% (Рисунок 13).

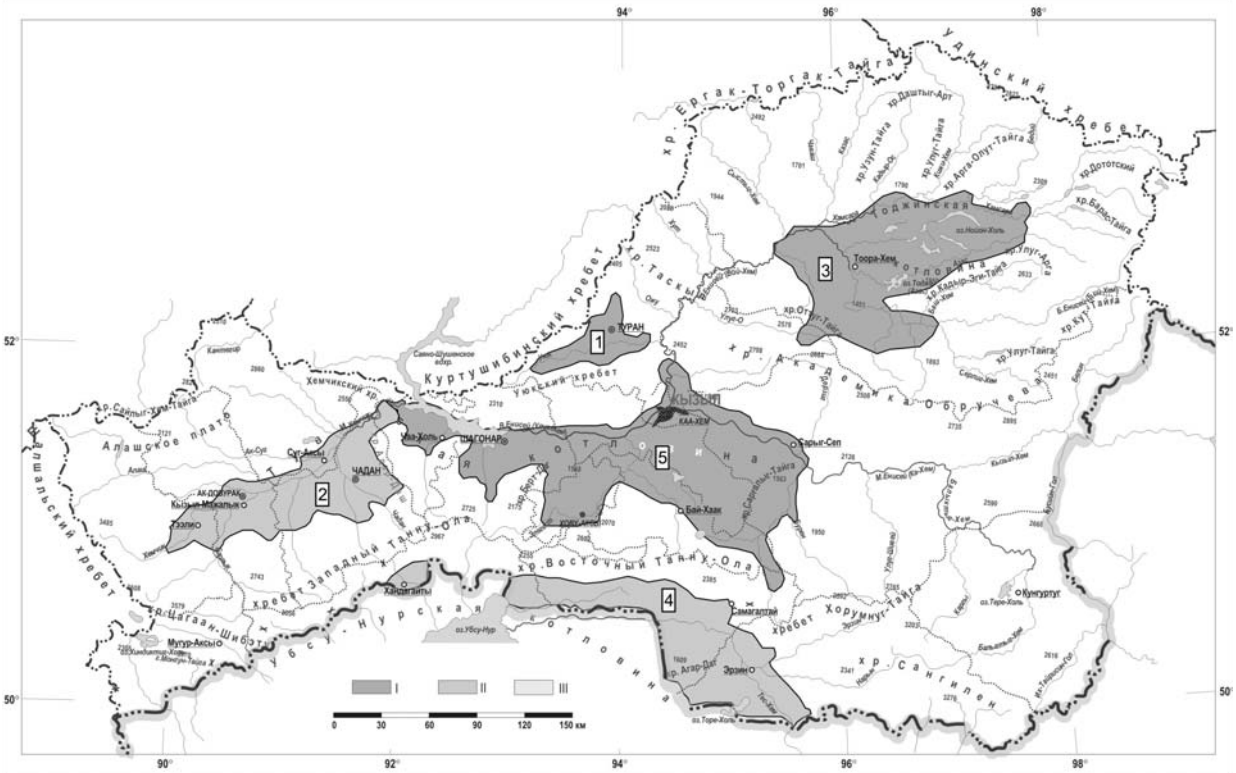


Рисунок 11 – Заболеваемость злокачественными новообразованиями на 100 тыс. населения в котловинах: I – высокая заболеваемость – выше 180 (Турано-Уюкская котловина – 297,2; Тоджинская – 198; Улуг-Хемская – 201,0); II – средняя – 110–180 (Хемчикская – 128,0 и Убсу-Нурская котловины – 115,0); III – низкая – менее 110 случаев на 100 тыс. населения

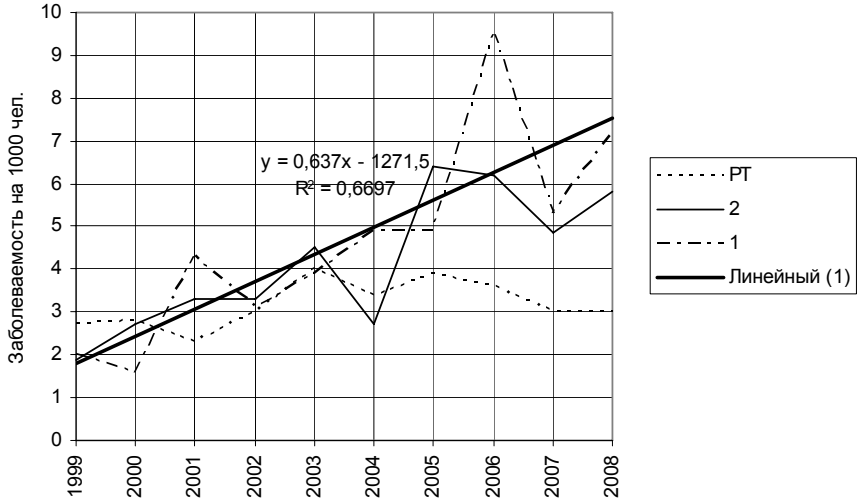


Рисунок 12 – Динамика врожденных аномалий в возрастной группе 18 лет и старше на 1000 населения Республики Тыва (РТ), Барун-Хемчикского (1) и Бай-Тайгинского (2) районов

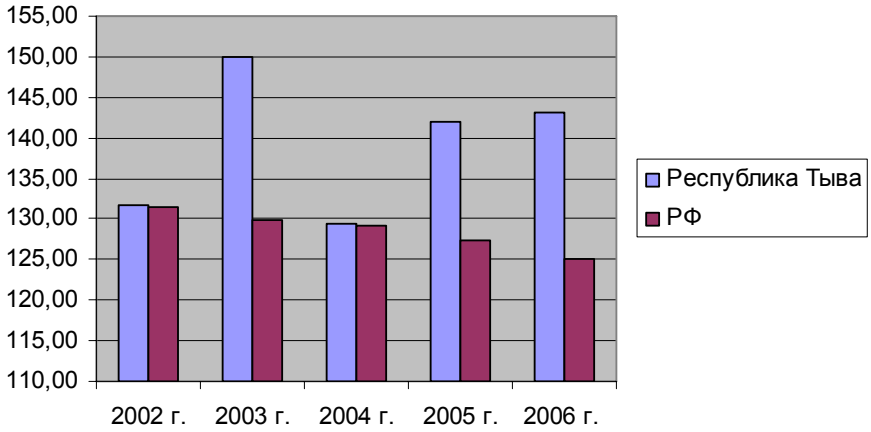


Рисунок 13 – Смертность от злокачественных новообразований на 100 тыс. населения в Республике Тыва и Российской Федерации

Автором выявлены следующие закономерности:

1) в возрастной группе 0–14 лет заболеваемость эндокринной системы самая высокая – 10,7% от общей заболеваемости, за ней следуют болезни кожи (9,9%), органов дыхания (7,5%) и т.д.;

2) в группе 15–17 лет в том же классе болезни заболеваемость составляет 19,3%, болезней кожи – 12,8%, органов дыхания – 7,5% и т.д.;

3) в группе 18 лет и старше болезни системы кровообращения составляют 14,9%, мочеполовой системы – 11,2%, травмы и отравления – 10,4%.

Из 15 изученных классов болезней в отдельную группу можно выделить злокачественные новообразования, болезни крови, врожденные аномалии, симптомы, признаки и отклонения от нормы развития организма человека. Эти заболевания с высокой достоверностью коррелируют с величиной радиационного фона территории ($r = 0,625$).

Потепление климата приводит к изменению условий трансмиссивных инфекционных болезней человека, передающихся переносчиками [Платонов, 2006; Бутенко, 2004]. Негативное влияние на здоровье населения оказывают волны тепла и холода [Ревелль, 1995; Ревич, 2003]. Наибольшее число климатозависимых инфекционных заболеваний наблюдается у детей до 14 лет и подростков (15–17 лет), заболевания системы кровообращения – у подростков и взрослого населения, что согласуется с данными, опубликованными в работе [Conti, 2005; Climate Change…, 2001]. Воздействие неклиматической полифакторности, особенно концентрации токсичных веществ, превышающих ПДК, вызывает синергидный эффект, усиливающий проявление климатозависимых болезней в зимний период.

Расчеты, основанные на методиках EPA (Агентство по защите окружающей среды США) [Gratt, 1990], показывают, что канцерогенные вещества уменьшают продолжительность жизни населения.

Верхний предел дополнительного риска заболеваемости раком, нормированного на концентрацию вещества в воздухе в мкг/м³, для человека массой 70 кг, вдыхающего ежедневно 20 м³ воздуха, считается значение $1 \cdot 10^{-3}$, или одно заболевание раком на протяжении жизни (70 лет) у 1000 человек. Для жителей Тувы суммарный пожизненный риск при

неработающих циклонах ТЭЦ равен $5{,}2 \cdot 10^{-3}$, т.е. 5,2 дополнительных раковых заболеваний на 1000 человек, при работающих циклонах – $4{,}3 \cdot 10^{-3}$, что свидетельствует о серьезной опасности раковых заболеваний в городе.

Безопасность здоровья населения. Уровень безопасности здоровья населения (БЗН) определяется с использованием коэффициента $K_{БЗН}$ [Аскарова, 2010; Бертокс, Радд, 1980]. Исходными данными являются общая заболеваемость отчетного и предыдущего годов, зарегистрированная максимальная продолжительность жизни на планете, средняя продолжительность жизни в республике и численность населения.

Расчеты показывают, что коэффициент безопасности здоровья населения в республике равен 0,64, что соответствует критическому уровню.

Таким образом, в республике необходимо разработать комплексную программу исследований с целью выявления негативного воздействия геоэкологических проблем на здоровье человека.

4. Трансформация природно-хозяйственных систем характеризуется устойчивой структурой диагностических показателей, на основе которых необходимо нормировать воздействие с учетом соизмерения природных и производственных потенциалов межгорных котловин.

Решение геоэкологических проблем рассматривают через призму технологической реорганизации и модернизации производства при принятии условий главных экологических законов. Схема управления экологической безопасностью состоит из двух блоков: базы знаний и информации и основы действий, которые реализуются посредством исследований, состоящих из следующих программных направлений:

– научно-прикладное обоснование проблемы управления экологической безопасностью;

– идентификация и оценка экологических вызовов и угроз;

– оценка экологической безопасности;

– анализ альтернатив и научного обоснования управленческих решений;

– осуществление контроля на постоянной основе [Аскарова, 2010].

Оптимизация качества атмосферного воздуха. Уровень безопасности загрязнения атмосферы ($K_{БЗА}$) определяется по формулам, приведенным в работе [Бертокс, Рад, 1980], с использованием пороговых параметров индекса

загрязнения атмосферы и численности населения. Критерии оценки уровней: высокий, приемлемый, средний, критический, катастрофический. В целом за год уровень безопасности загрязнения атмосферы средний, в зимний период – приближается к критическому ($К_{БЗА}$ = 0,72), в городах – критический ($К_{БЗА}$ = 0,64).

Уровень радиационной безопасности (РБ) региона определяется через показатель $К_{рб}$ [Синцеров, 1990], рассчитанный по численности населения, подвергшегося опасному для жизни радиационному облучению, и общей численности населения республики; площади территории с аномально завышенным фоном и общей площади территории республики. Полученный $К_{рб}$ показывает, что уровень радиационной безопасности в республике Тыва высокий, т.е. на один индекс выше приемлемого.

Аналогичные методологические подходы и количественные методы определения уровней безопасности использованы и для других природно-хозяйственных систем – почвы и вод.

Рационализация использования почв. Наиболее важные мероприятия по охране почв [Андрейчик, 2005, 2010]:

– рекультивация трех обвалованных хранилищ (карт) отходов горно-металлургического комбината «Тувакобальт»;

– ликвидация несанкционированных свалок;

– план перспективного использования рекультивируемых территорий;

– внесение в почву мелиорантов (известь, навоз, торф, цеолиты, глины), увеличивающих поглотительную способность, pH и повышающих устойчивость сельскохозяйственных культур к загрязнению тяжелыми металлами.

Коэффициент безопасности деградации почв по содержанию гумуса на 01.01.2011 г. равен 0,62, что соответствует критическому уровню.

Оптимизация качества вод. В основе оценки уровня безопасности поверхностных вод лежат три главных показателя (уровни безопасности): загрязнение воды водоемов и водотоков, дефицит пресной воды и обеспеченность населения питьевой водой. Весовой вклад каждого из первых двух показателей экологической безопасности воды составляет 0,364 (в сумме – 0,728), третьего – 0,272. Весовые показатели оцениваются по следующим критериям: значимость, управляемость, масштаб угроз. На основании количественной и качественной оценки интегрального показателя

экологической безопасности воды можно разработать регламентированные управленческие воздействия по повышению качества гидросферы.

Оценка экологической емкости, техноемкости и предельно допустимой техногенной нагрузки межгорных котловин. Аналитически экологическая емкость (или экологический потенциал) каждого исследуемого компонента окружающей среды – атмосферы, поверхностных вод и запаса фитомассы исследуемой котловины – выражается формулой, приведенной в работе [Акимова, Хаскин, 2005, с. 221].

Экологическая техноемкость территории – это максимальная техногенная нагрузка, которую могут выдержать и переносить в течение длительного времени (годы) экологические системы без нарушения их структурных и функциональных свойств. Величина данного показателя изменяется в котловинах от 255 до 509 усл. т/(км² · год).

Анализ показывает, что наиболее уязвимы горно-таежные ландшафты, где предельно допустимая величина эмиссии загрязняющих веществ в атмосферу минимальна – 255 усл. т/(км² год). В техногенном отношении устойчивость атмосферы Убсу-Нурской котловины выше Тоджинской в два раза, а остальных котловин – в 1,2–1,3 раза.

В интегральную экологическую техноемкость доминирующий вклад вносит удельная экологическая техноемкость приземного слоя воздуха – от 89 до 95%. Вторым по величине является вклад удельной экологической техноемкости фитоценозов – от 4 до 8%; наименьший вклад вносит удельная экологическая техноемкость местного стока – от 0,6 до 2,9%.

Предельно допустимая техногенная нагрузка (ПДТН). Интегральная удельная величина ПДТН на природную среду представляет собой сумму удельных величин энергетических эквивалентов ресурсов тепла, поверхностного стока и годичной продукции фитомассы. Пространственное расположение ПДТН представлено на рисунке 14.

В зимний период доминирующий вклад в ПДТН принадлежит годичной продукции фитомассы – от 58 до 71%. На втором месте – удельный энергетический эквивалент поверхностного стока – от 19 в Турано-Уюкской до 34% в Улуг-Хемской котловине, на третьем – тепловой ресурс атмосферы – от 4 в Хемчикской до 11% в Турано-Уюкской котловине.

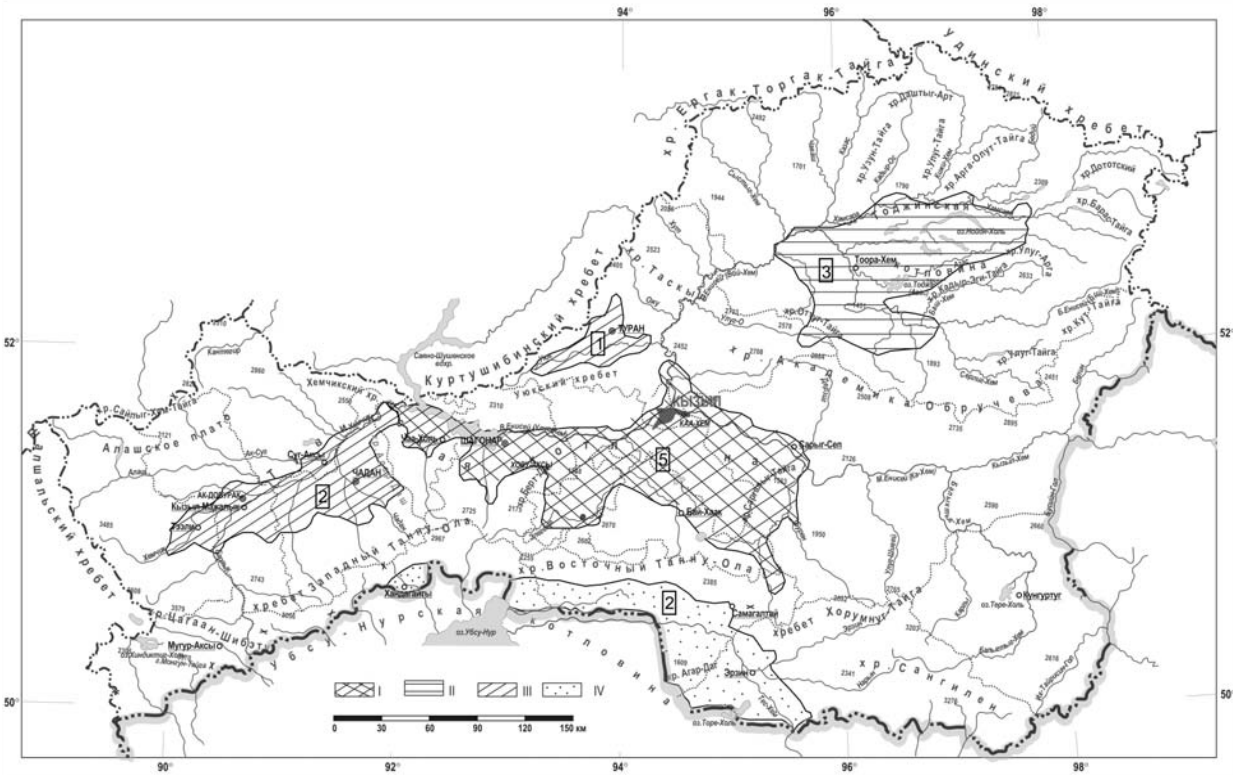


Рисунок 14 – Предельно допустимая техногенная нагрузка котловин, тут (км^2·год). Котловины: 1 – Турано-Уюкская, 2 – Хемчикская, 3 – Тоджинская, 4 – Убсу-Нурская, 5 – Улуг-Хемская.
I – более 6000; II – 5000–6000; III – 4000–4999; IV – менее 4000 тут (км^2·год)

Ухудшение экологической обстановки в холодный период характеризует следующий ряд: Тоджинская котловина – не превышает ПДТН, Убсу-Нурская превышает в 1,5, Турано-Уюкская – в 2,2, Хемчикская – в 3,3, Улуг-Хемская – в 4,1, Кызыл (административная единица) – в 5,6 раза.

Основные выводы

1. Впервые в центре Азии (Республики Тыва) проведена эколого-географичеческая диагностика на междисциплинарном уровне. Разработанная автором интегрированная концепция экоразвития позволила обосновать научные основы управления экологической безопасностью природно-хозяйственных систем региона и определить уровни безопасности качества атмосферы, деградации почв по содержанию гумуса, загрязнения гидросферы, изменения климата, а также выявить в котловинах ранее неизвестные факты повышенного риска, связанные с воздействием антропогенных и природных факторов.

2. Выявлены основные медико-демографические проблемы. Определена вероятность злокачественных новообразований в зависимости от дозы канцерогенных веществ, поступивших в организм человека. Допустимым риском считается значение $1 \cdot 10^{-3}$, или одно заболевание раком на протяжении жизни (70 лет) на 1000 человек. Для жителей Тувы суммарный пожизненный риск превышает норму в 2,3–5,2 раза. Смертность от злокачественных новообразований в республике превышает российский уровень на 14,6%. Около 90% общей заболеваемости в Тыве имеют прогрессирующую тенденцию.

3. Объекты, предназначенные для захоронения не пригодных к использованию ядохимикатов и удобрений, промышленных и бытовых отходов, не отвечают геологическим, гидрологическим и экологическим требованиям. Технологии депонирования отходов в республике существенно отстают от развитых стран. Предложенные новые технологии депонирования отходов обеспечивают полную изоляцию мест захоронения и гарантию невозможности проникновения загрязняющих веществ в окружающий ландшафт.

4. Среднегодовые эколого-географические параметры оценки котловин (экологическая емкость, техноемкость, предельно допустимая техногенная нагрузка – ПДТН) не превышают предельно допустимых величин природного потенциала котловин. Однако в зимний период в большинстве котловин (за исключением Тоджинской) фактический техногенный поток превышает ПДТН в 1,5–5,6 раза.

5. Стратегия использования природных ресурсов заключается в следующем:

– создание гибких наукоемких производств по глубокой переработке минеральных ресурсов с целью получения ценных компонентов и материалов (оксида магния для футеровки печей высокотемпературной плавки; адсорбентов высокой удельной емкости, моторного топлива, биогуматов, биодеградирующих полимеров и др.), используемых в технологиях различных производств и фармацевтической промышленности;

– возрождение работы горно-обогатительного комбината «Тувакобальт» с целью переработки руды и хранящихся отходов гидрометаллургического передела с дополнительным извлечением кобальта, никеля, меди, серебра, золота, висмута и других ценных компонентов;

– к категории весьма перспективных для промышленного освоения относятся ресурсы минеральных и пресных питьевых вод. В республике имеется 34 группы минеральных источников, 11 солено-грязевых и более 80 пресных озер общей площадью 300 км^2; выявлены почти все виды хлоридных и термальных минеральных вод, используемых в бальнеологических целях: углекислые, радоновые, сероводородные и др.

6. Переориентирование развития региона с пути экстенсивного природопользования на путь эколого-хозяйственной системы обеспечит одновременно потребности населения и поддержание средо- и ресурсоформирующих функций природных систем. В сельском хозяйстве необходимо создать аграрные экологические полисы, включающие площади только орошаемых земель, на которых можно получать гарантируемые урожаи. Выращивание технических культур позволит организовать производство подсолнечного масла (бизнес-план автором разработан). Регион располагает большими потенциальными ресурсами для сбора и

переработки ягод, лекарственных трав и кедрового ореха (площадь ягодников – 1500 га, кедра сибирского – около 9 000 га).

7. Заслуживает внимания проработка этапов развития инфраструктуры индустрии туризма с целью использования большого рекреационного потенциала природы Тувы. В республике можно организовать как внутренний, так и международный туризм. На первом этапе, исходя из экономической целесообразности, приоритет следует отдать быстро реализуемым и недорогим проектам: приключенческому, экстремальному, специализированному, альтернативному, неорганизованному и самодеятельному видам туризма.

8. Развитие теории потепления климата в республике позволило автору ввести в климатическую систему новый параметр – показатель изменения климата, принципиально отличающийся от индекса континентальности и характеризующий устойчивую направленность процесса изменения климата.

Публикации по теме диссертации, отражающие основные научные результаты диссертационной работы:

В журналах, рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертации

1. Андрейчик, М.Ф. Загрязнение водотоков бассейна Верхнего Енисея Республики Тыва / М.Ф. Андрейчик // География и природные ресурсы. – 2006. – № 1. – С. 154–156.

2. Андрейчик, М.Ф. Изменение индекса континентальности на фоне потепления климата в Тувинской горной области / М.Ф. Андрейчик // Оптика атмосферы и океана. – 2010. – Т. 23, № 1. – С. 38–42.

3. Андрейчик, М.Ф. Содержание валовых форм тяжелых металлов и микроэлементов в почвах сельскохозяйственных угодий Республики Тыва / М.Ф. Андрейчик, Н.П. Аюшинов, В.М. Соловьева // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2010. – Вып. 3. – С. 35–39.

4. Андрейчик, М.Ф. Геоэкологические проблемы объектов депонирования отходов Республики Тыва / М.Ф. Андрейчик // Перспективы науки. – 2010. – № 1(03). – С. 95–101.

5. Андрейчик, М.Ф. Оценка технологий депонирования отходов в Тувинской горной области / М.Ф. Андрейчик // Проблемы региональной экологии. – 2010. – № 3–4. – С. 123–128.

6. Андрейчик, М.Ф. Изменение климата в Улуг-Хемской котловине Тувинской горной области / М.Ф. Андрейчик, А.Ф. Чульдум // Оптика атмосферы и океана. – 2010. – С. 1–6.

7. Андрейчик, М.Ф. Проблемы здоровья населения Республики Тыва на фоне отделяющихся ступеней ракет-носителей / М.Ф. Андрейчик // Естественные и технические науки. – 2010. – № 2. – С. 313–318.

8. Андрейчик, М.Ф. Заболеваемость населения Барун-Хемчикского района Республики Тыва на фоне отделяющихся ступеней ракет-носителей / М.Ф. Андрейчик // Проблемы региональной экологии. – 2010. – № 4. – С. 124–128.

9. Андрейчик, М.Ф. Эколого-геохимическая оценка района депонированных отходов комбината «Тувакобальт» / М.Ф. Андрейчик // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта – 2010. – № 7. – С. 21–27.

10. Андрейчик, М.Ф. Заболеваемость населения на фоне геоэкологических проблем Республики Тыва / М.Ф. Андрейчик, О.М. Шожут // Здоровье населения и среда обитания – 2010. – № 5. – С. 22–25.

11. Андрейчик, М.Ф. Загрязнение почв района депонированных отходов комбината «Тувакобальт» Республики Тыва / М.Ф. Андрейчик, В.М. Соловьева, Е.Д. Аюшинова // Известия Российского географического общества. – 2011. – Т. 143, вып. 3. – С. 73–79.

Монографии

1. Андрейчик, М.Ф. Загрязнение атмосферы, почв и вод Республики Тыва / М.Ф. Андрейчик. – Томск: Томск. гос. ун-т, 2005. – 400 с.

Прочие публикации

1. Андрейчик, М.Ф. Роль математических методов исследования при изучении географических дисциплин / М.Ф. Андрейчик // Гуманизация и демократизация образования. Респ. НПК. Кызыл. 13–15 апреля 1992 г. – Кызыл, 1993. – Ч. I. – С. 32–35.

2. Андрейчик, М.Ф. Критерии оценки экологического состояния атмосферы Республика Тыва / М.Ф. Андрейчик // Экология и здоровье. – Кызыл, 1995. – С. 47–49.

3. Андрейчик, М.Ф. К вершинам географии / М.Ф. Андрейчик, Л.П. Дьяченко // Башкы. – 1996. – № 6. – С. 24–27.

4. Андрейчик, М.Ф. Формирование экологической культуры и экологическое образование населения Республики Тыва / М.Ф. Андрейчик // Этносоциальные процессы в Сибири. – 2000. – Вып. 3. – С. 149–153.

5. Андрейчик, М.Ф. Климатические ресурсы Центральной подтаежно-степной сельскохозяйственной зоны Республики Тыва / М.Ф. Андрейчик, Г.В. Калугина // Аграрные проблемы Республики Тыва. – Новосибирск, 2002. – С. 134–143.

6. Андрейчик, М.Ф. Содержание микроэлементов в почвах Республики Тыва / М.Ф. Андрейчик, Т.Л. Пашнева // Наука сельскохозяйственного факультета ТывГУ АПК Республики Тыва: Матер. науч.-практ. конф. Кызыл. 20–21 ноября 2001 г. – Кызыл: Изд-во ТывГУ, 2003. – С. 83–89.

7. Андрейчик, М.Ф. Использование CASE-средств при разработке математических моделей загрязнения атмосферы / М.Ф. Андрейчик // Биоразнообразие и сохранение генофонда флоры, фауны и народонаселения Центрально-Азиатского региона: Матер. I Международной науч.-практ. конф. Кызыл, Россия. 23–28 сентября 2002 г. – Кызыл: Изд-во ТИКОПР СО РАН, 2003. – С. 116–117.

8. Андрейчик, М.Ф. Выбор математической модели для прогноза загрязнения атмосферы Тувы / М.Ф. Андрейчик // Биоразнообразие и сохранение генофонда флоры, фауны и народонаселения Центрально-Азиатского региона: Матер. I Международной науч.-практ. конф. Кызыл, Россия. 23–28 сентября 2002 г. – Кызыл: Изд-во ТИКОПР СО РАН, 2003. – С. 117–118.

9. Андрейчик, М.Ф. Экологическая оценка мест захоронения и хранения промышленных и бытовых отходов на территории Тыва / М.Ф. Андрейчик // Аграрная наука – сельскому хозяйству Республики Тыва: Матер. совместного заседания президиума СО РАСХН и Правительства РТ. Кызыл. 21–22 августа 2002 г. – Новосибирск, 2003. – С. 119–133.

10. Андрейчик, М.Ф. Загрязнение атмосферы и почв Республики Тыва / М.Ф. Андрейчик // Природные условия, история и культура западной Монголии и сопредельных регионов: 6-я Междунар. науч. конф. Ховд, Монголия. 18–22 сентября 2003 г. – Томск: Том. гос. ун-т, 2003. – С. 269–270.

11. Андрейчик, М.Ф. Расчет выбросов вредных веществ автотранспортом Республики Тыва / М.Ф. Андрейчик // Сельскохозяйственная наука – АПК Сибири, Монголии, Казахстана и Кыргыстана: Тр. 7-й Междунар. науч.-практ. конф. Улан-Батор. 19–23 июля 2004 г. РАСХН. Сиб. отд-е. – Новосибирск, 2004. – С. 507–511.

12. Андрейчик, М.Ф. Обоснование и характеристика загрязняющих веществ, приоритетных для контроля атмосферного воздуха Тувы / М.Ф. Андрейчик // Убсунурская котловина как индикатор биосферных процессов в Центральной Азии: Матер. VIII Международного Убсу-Нурского симпозиума. Кызыл. 26–30 июля 2004 г. – Кызыл: Изд-во ТувИКОПР СО РАН, 2004. – С. 171–173.

13. Андрейчик, М.Ф. Загрязнение атмосферы выхлопами автотранспорта Республики Тыва / М.Ф. Андрейчик // Науч. тр. Тывинского государственного ун-та. – Кызыл: Изд-во ТывГУ, 2004. – Вып. 1. – С. 36–38.

14. Андрейчик, М.Ф. Особенности синоптических условий загрязнения Республики Тывы / М.Ф. Андрейчик, Г.В. Калугина // Сельскохозяйственная наука – АПК Сибири, Монголии, Казахстана и Кыргыстана: Тр. 7-й Междунар. науч.-практ. конф. Улан-Батор. 19–23 июля 2004 г. РАСХН. Сиб. отд-е. – Новосибирск, 2004. – С. 541–546.

15. Андрейчик, М.Ф. Тяжелые металлы в почвах Республики Тыва / С.С. Курбатская, М.Ф. Андрейчик // Убсунурская котловина как индикатор биосферных процессов в Центральной Азии: Материалы VIII Международного Убсу-Нурского симпозиума. Кызыл. 26–30 июля 2004 г. – Кызыл: Изд-во ТувИКОПР СО РАН, 2004. – С. 166–168.

16. Андрейчик, М.Ф. Источники загрязнения почв Республики Тыва тяжелыми металлами / М.Ф. Андрейчик // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2005. – Вып. 9. – С. 150–152.

17. Андрейчик, М.Ф. Особенности физико-географических и геологических условий Республики Тыва / М.Ф. Андрейчик // Вестник Томского государственного университета: Бюллетень оперативной научной информации. – 2005. – № 39. – С. 6–17.

18. Андрейчик, М.Ф. Загрязнение атмосферы Республики Тыва стационарными источниками / М.Ф. Андрейчик // Вестник Томского государственного университета: Бюллетень оперативной научной информации. – 2005. – № 39. – С. 18–35.

19. Андрейчик, М.Ф. Загрязнение атмосферы Республики Тыва выбросами автотранспорта / М.Ф. Андрейчик // Вестник Томского государственного университета: Бюллетень оперативной научной информации. – 2005. – № 39. – С. 36–45.

20. Андрейчик, М.Ф. Экологическое состояние гидросферы Республики Тыва / М.Ф. Андрейчик // Вестник Томского государственного университета: Бюллетень оперативной научной информации. – 2005. – № 39. – С. 62–72.

21. Андрейчик, М.Ф. Экологическая оценка мест захоронения и хранение промышленных и бытовых отходов Республики Тыва / М.Ф. Андрейчик // Вестник Томского государственного университета: Бюллетень оперативной научной информации. – 2005. – № 39. – С. 73–84.

22. Андрейчик, М.Ф. Изменение гидротермического коэффициента в Улуг-Хемской котловине на фоне потепления климата в Республике Тыва / М.Ф. Андрейчик // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2008. – Вып. 2. – С. 132–136.

23. Андрейчик, М.Ф. Развитие творческого мышления студентов при изучении геоэкологии / М.Ф. Андрейчик // Теоретические и прикладные вопросы современной географии. Материалы Всероссийской научной конференции 20–22 апреля 2009 г. – Томск: ТГУ, 2009. – С. 228–229.

24. Андрейчик, М.Ф. Изменение атмосферных осадков в Турано-Уюкской котловине на фоне потепления климата Тувинской горной области / М.Ф. Андрейчик, Л.Д.-Н. Монгуш, Е.В. Балод // Научные труды Тывинского государственного университета. – Вып. VI, т. II. – Кызыл, 2009. – С. 160–163.

25. Андрейчик, М.Ф. Изменение термических ресурсов в Турано-Уюкской котловине в связи с потеплением климата в Республике Тыва / М.Ф. Андрейчик, Л.Д.-Н. Монгуш // Научные труды Тывинского государственного университета. – Вып. VI, т. II. – Кызыл, 2009. – С. 163–166.

26. Андрейчик, М.Ф. Проблемы экологии человека в Республике Тыва / М.Ф. Андрейчик, А.А. Шивит-оол // Научные труды Тывинского государственного университета. – Вып. VI, т. II. – Кызыл, 2009. – С. 166–168.

27. Андрейчик, М.Ф. Содержание валовых форм тяжелых металлов и микроэлементов в почвах сельскохозяйственных угодий Республики Тыва / М.Ф. Андрейчик, Н.П. Аюшинов Н.П., В.М. Соловьева // Научные труды Тывинского государственного университета. – Вып. VI, т. II. – Кызыл, 2009. – С. 161–174.

28. Андрейчик, М.Ф. Экологическая оценка района захоронения твердых отходов комбината «Тувакобальт» / Н.П. Аюшинов, В.М. Соловьева // Научные труды Тывинского государственного университета. – Вып. VI, т. II. – Кызыл, 2009. – С. 174–177.

29. Андрейчик, М.Ф. Использование ГИС-технологий при оценке изменения климата в Республике Тыва / М.Ф. Андрейчик // Материали за VII международна научна практична конференция «Динамиката на съвременната наука» – 2011. – София: «БялГРАД» ООД, 2011. – Т. 9. – С. 21–23.

30. Андрейчик, М.Ф. Эколого-хозяйственный подход к устойчивому развитию Республики Тыва / М.Ф. Андрейчик // Материали за 7-я междунар. науч. практична конф., «Образованието и науката на XXI век», 2011. – Т. 15. – Екология. География. Геология. Сельское хозяйство. Ветеринарна наука. – София: «БялГРАД-БГ» ООД. – 3–5 с.

31. Андрейчик, М.Ф. Прогнозирование загрязнения атмосферы проектируемыми горно-обогатительными комбинатами Республики Тыва / М.Ф. Андрейчик // Materialy VII Miedzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji «Nauka i inowacja – 2011». Volume 13 Ekologia. Rolnictwo. Weterynaria: Przemysl. Nauka I studia – S. 3–4.

32. Андрейчик, М.Ф. Новый климатический параметр – показатель изменения климата / М.Ф. Андрейчик // Materialy VII mezinarodni vedesko-prakticka conference «Nastoleni vedy – 2011». Dil 10 «Ekologie. Chemie a chemicka technologie Zemedelstvi», 27 zari - .5 rijna 200 roku. – Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o., 2011. – S. 7–9.

Учебные пособия

1. Андрейчик, М.Ф. Экологическое состояние и охрана природных ресурсов Тувинской АССР : учебное пособие / М.Ф. Андрейчик. – Кызыл, 1991. – 84 с.

2. Андрейчик, М.Ф. Использование новых форм и методов обучения в экологическом воспитании : учебно-методическое пособие / М.Ф. Андрейчик. – Кызыл: Изд-во ТывГУ, 2003. – 284 с.

3. Андрейчик, М.Ф. Атлас облаков Республики Тыва: учебное пособие / М.Ф. Андрейчик, Н.Г. Дубровский ; под общ. ред. М.Ф. Андрейчика. Тывинский государственный университет. – Кызыл, 2004. – 100 с.

4. Андрейчик, М.Ф. Экологическая тропа парка имени Гастелло г. Кызыла: учебно-методическое пособие / М.Ф. Андрейчик [и др.]. Тывинский государственный университет. – Кызыл, 1992. – 89 с.

5. Андрейчик, М.Ф. Учебная экологическая тропа правобережья р. Енисей (Северо-Запад г. Кызыла) : учебное пособие / М.Ф. Андрейчик [и др.]. – Кызыл: Изд-во ТывГУ, 2002. – 70 с.

6. Андрейчик, М.Ф. Основы экономики и технологии важнейших отраслей хозяйства: учебно-методический комплекс / М.Ф. Андрейчик, М.Н. Мусанова ; под общ. ред. М.Ф. Андрейчика. – Кызыл: Изд-во Тывин. гос-го ун-та, 2006. – 125 с.

7. Андрейчик, М.Ф. Картография с основами топографии : учебно-методическое пособие / М.Ф. Андрейчик, М.А. Хольшина, М.Н. Мусанова, Т.Н. Биче-оол. – Кызыл: Изд-во ТывГУ, 2008. – 145 с.

8. Андрейчик, М.Ф. Экономическая и социальная география зарубежных стран: учебно-методическое пособие / М.А. Хольшина, М.Ф. Андрейчик, Т.Н. Биче-оол. – Кызыл: Изд-во ТывГу, 2008 – 143 с.

9. Андрейчик, М.Ф. Социально-экономическая география России : учебное пособие / М.Н. Мусанова, М.Ф. Андрейчик. – Кызыл: Изд-во ТувГУ, 2011 – 69 с.

10. Андрейчик, М.Ф. Математическая статистика в географических исследованиях: учебное пособие / М.Ф. Андрейчик. – Кызыл: Изд-во ТувГУ, 2011 – 84 с.